

자이로 펌프의 로타 및 붓싱 재료에 관한 연구

김기선 · 김정훈 · 김선화*

Study on Rotor and Bushing Material of Gyro-pump

Ki-Sun Kim, Jung-Hoon Kim and Seon-Hwa Kim*

요약 본 연구에서는 자이로 펌프의 내구성 및 내마모성을 향상시키고자 로타와 붓싱 재질 개선방안을 조사하였다. 질화강과 SKD11 합금 부품에 스퍼터링 방법으로 TiN Coating과 가스질화법으로 표면처리를 행하였으며, 기지조직의 개선을 위하여 SKD11 합금의 열처리를 행하였다. 실험결과 TiN Coating부품은 펌프 작동 중 Coating층의 밀착력 부족으로 박리현상이 나타났으나, 가스질화 시 우수한 표면경도와 충분한 경화층으로 뜯김현상이 제거되었다. SKD11 합금의 열처리 탄화물 조절을 위한 SKD11합금의 열처리 결과 경도가 증가하였다.

Abstract This study was performed to improve mechanical properties of rotor and bushing materials. SACM and SKD11 steels as rotor and bushing materials were investigated. Gas nitriding and TiN coating were carried out on SACM and SKD11 steels. TiN coating was deposited on SKD11 steel by reactive sputtering process. This coated layer was picked off during the operation because of insufficient adhesion. Gas nitriding was carried out on SACM and SKD11 steels in an ammonia atmosphere at 510°C for 72 hrs. These gas nitrided parts showed good mechanical properties. SKD11 steels were heat-treated to obtain optimum carbide size and distribution. As a results, the hardness increased.

Key Words : TiN coating, Sputtering, Gas nitriding, SKD11

1. 서론

펌프는 많은 산업 분야에서 널리 사용되는 산업기기 중의 하나이다. 따라서 경쟁력 있는 펌프의 개발은 우리나라의 산업 발전 및 에너지절약에 크게 기여할 수 있다. 한승산업에서 생산되는 펌프는 축산 분뇨, 폐수처리, 수처리, 주조공장의 주물사 처리 등에 사용되므로 입자에 의한 부식, 산에 의한 부식 등에 의하여 내구성에 문제가 남아있고, 고압에서 사용되므로 재료의 내압성이 큰 문제로 대두되고 있다. 그리고 펌프의 특성상 회전에 의한 백동현상으로 소음이 발생하여 전기에너지와 재질의 기계적 특성 감소를 가져온다. 따라서 고부가가치의 펌프 개발을 위하여 재질 개선과 펌프의 구조변경이 필수적인 과제이다. 내구성있는 펌프개발을 위하여 내마멸저항성, 내식성, 및 내압성이 우수한 재료로 로타와 붓싱 등에 사용되어야 하고, 칸막이 편 부품은 고 경도의 특성이 최우선적으로 요구된다. 이와 같이 부품마다 요구특성이 다르므로 재질선택은 매우 중요하다. 펌프의 재질 중에서 내구성에 가장 영향을 미치는 것은 로타와 붓싱으로, 현재 질화강과 SUS가 사용되고

있었으나, 수처리 시 뜯김현상이 나타나 어려움이 많다. 따라서 질화강 보다 내마모성과 내압성이 우수한 재질의 선정하기 위하여 일반적인 표면코팅 기술인 스퍼터링법에 의한 TiN 코팅법과 가스질화에 의한 표면경화법으로 우수한 로타와 붓싱재질을 개발하고자 하였다.

2. 실험방법

2.1 TiN Coating 실험

TiN 증착시편을 제조하기 위하여 시편지지대 위에 시편을 올려놓고 챔버 내의 진공을 6.0×10^{-5} torr까지 배기 하였다. 그 후, Ar gas를 20 sccm 정도 흘려 진공도 8.0×10^{-3} torr에서 인가전력 300 W로 예비 스퍼터링을 5분간 행하였다. 예비 스퍼터링 후 Ar 가스를 20 sccm으로 고정하여 플라즈마를 생성시킨 후 반응성 기체인 N_2 를 주입하면서 증착 시켰다.

2.2 가스질화

베어링강과 SKD11합금을 질화온도는 510°C, 분위기는 100% 암모니아에서 72시간 가스질화 처리하였다. 질화처리 후 150°C까지는 노냉을 하였는데, 이 때 시간 경과는 12시간 정도였다. 그 후 시편을 공냉처리하였다.

*순천향대학교 신소재화학공학부

2.3 열처리 실험

SKD11합금의 열처리조건은 전기로를 사용하여 1030°C에서 20, 30, 40, 60분간 유지한 후 공냉하였으며, 또한 tempering 처리를 위하여 500, 300, 200°C에서 3과 10분간 유지한 후 공냉하였다.

2.4 경도 측정

모재와 각각의 열처리 시편의 경도값을 측정하기 위해, emery paper #200~1000까지, 연마한 후에 0.5 μm 알루미나 분말을 이용하여 경면처리 하였다. Rockwell Hardness Tester를 사용하여 Rockwell 경도를 측정하였다. 경도측정의 정확성을 위하여 시편의 중심부와 외곽부를 3mm씩 간격을 두고 7회 측정하여 최대값과 최소값을 제거한 5개의 평균값을 나타내었다.

2.5 미세조직 관찰

SKD11과 C12A 합금의 부식액을 Mixed acids in glycerol, 베어링강은 왕수로 하였다. Etching solution에 약 10~25초간 부식시킨 후 광학현미경으로 미세조직을 관찰하였다.

3. 결과 및 토의

3.1 TiN Coating

Figure 1은 로타와 붓싱에 TiN 코팅을 행한 것으로 펌프를 작동시켰을 때 어느 정도 시간이 지나면 코팅층이 벗겨지고 들뜸현상이 나타났다. 이것은 로타나 붓싱 재질과 TiN 코팅층 사이의 밀착력 부족과 열전도율차에 의한 것으로 생각된다. 따라서 펌프를 고압에서 사용하기 때문에 내압성이 떨어져 일어난 현상으로 파악된다. 그러므로 질화물이나 다이아몬드와 같은 표면코팅으로 내마모성을 향상시키는 방법은 로타나 붓싱 재질에 적합하지 않은 것으로 나타났다.

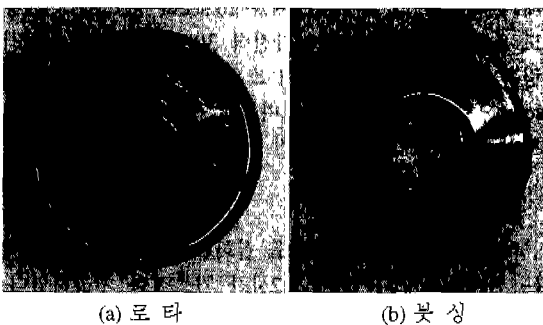


Figure 1. TiN Coating된 로타 및 붓싱

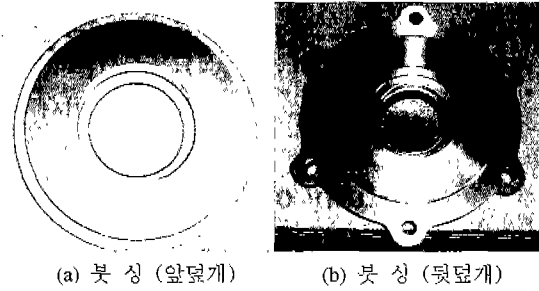


Figure 2. 가스질화처리 후 붓싱부품

3.2 가스질화처리

베어링강과 SKD11 합금으로 제조된 로타와 붓싱을 72시간 가스질화한 부품(Figure 2)의 적용 시에는 우수한 표면경도와 충분한 경화층으로 심각한 문제점인 들뜸현상이 제거되었다. 더 우수한 특성의 재질을 얻기 위하여 SKD11합금을 열처리하여 기조직의 미세조직을 개선하고자 하였다. 따라서 가스질화방법에 의한 표면처리는 충분한 내마모성과 내압성을 부품에 부여하는 것으로 나타났다.

3.3 SKD 11합금의 열처리조직 및 경도변화

◆ SKD 11합금의 화학조성

	C	Mn	Cr	Si	Ni	Mo	V			
Wt%	1.40~1.60	0.60	max	11.0~13.0	0.40	max	0.50	max	0.80~1.20	0.20~0.50

Figure 3은 1030°C에서 유지시간을 달리한 후 공냉한 시편의 경도값변화로, 유지시간에 따른 경도변화는 거의 변화가 없으나, 열처리 전 시편보다 매우 큰 경도값을 나타내었다.

열처리에 따른 미세조직변화는 Figure 4-8에 나타내었는데, 템퍼링 온도가 증가함에 따라 탄화물의 크기가 증가하고 탄화물 사이의 간격이 증가하였다. 템퍼링처

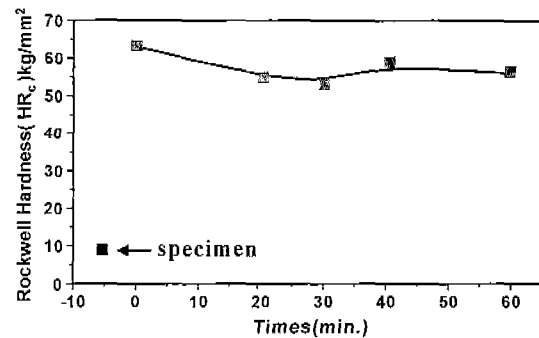


Figure 3. 열처리 시간에 따른 SKD 11의 경도변화(1030°C)

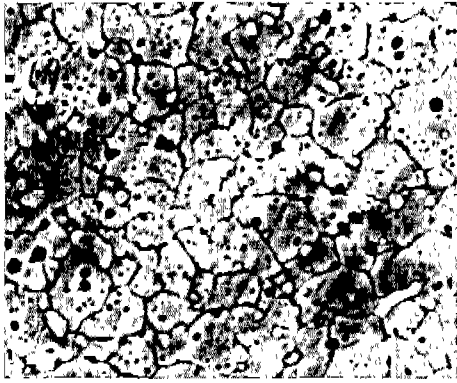
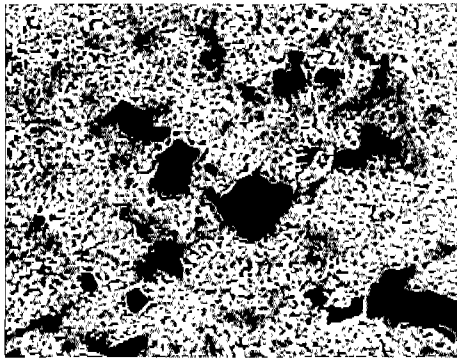
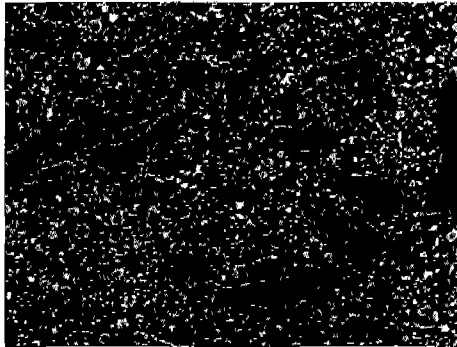


Figure 4. SKD11 합금강의 미세조직



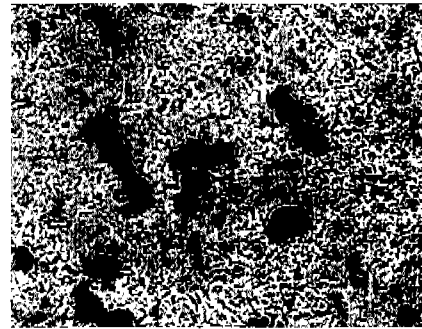
(a) 3 min.



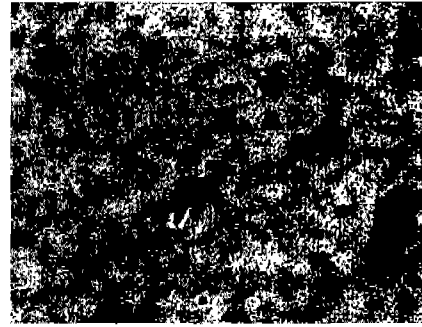
(b) 10 min.

Figure 5. SKD11 합금을 1030°C 열처리한 미세조직

리에 의한 상변화는 관찰되지 않았으며, 경도변화는 Figure 9와 같다. 경도변화를 보면 템퍼링 온도 증가에 따른 경도 변화는 매우 작게 나타났다. 이것은 미세조직 사진에서 나타난 마와 같이 탄화물의 크기 변화가 없는 것과 일치한다. 따라서 최적의 열처리조건을 선정하여 우수한 특성의 SKD 11합금을 개발하면 우수한 로타와 붓싱 부품을 개발할 수 있다. 열처리된 SKD11 합금을 가스질화법으로 표면처리하면 내마모성과 내압

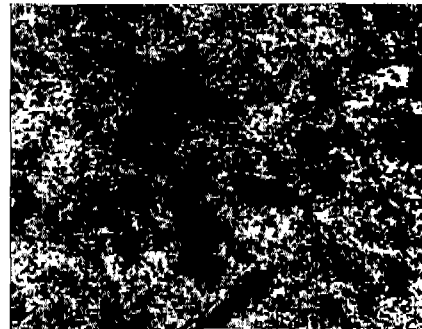


(a) 3 min.

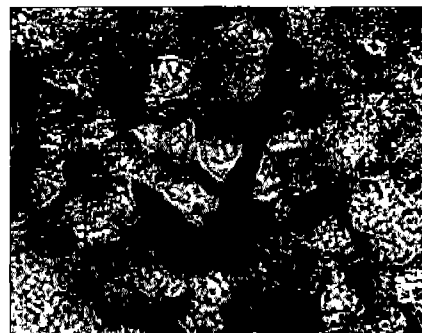


(b) 10 min.

Figure 6. SKD11 합금을 1030°C 열처리한 후 500°C에서 템퍼링한 미세조직



(a) 3 min.



(b) 10 min.

Figure 7. SKD11 합금을 1030°C 열처리한 후 300°C에서 템퍼링한 미세조직

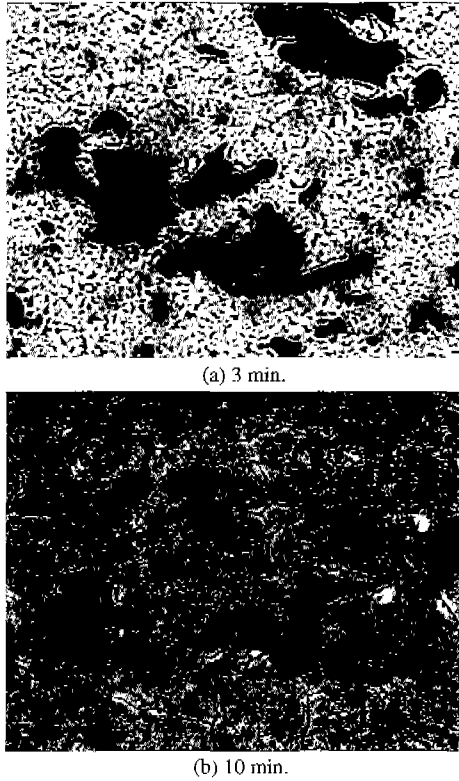


Figure 8. SKD11 합금을 1030°C 열처리한 후 200°C에서 템퍼링한 미세조직



Figure 10. C12A강의 미세조직

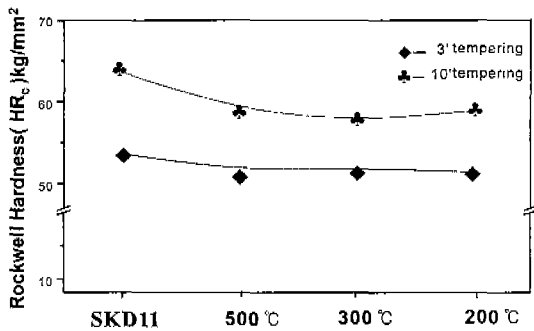


Figure 9. 열처리된 SKD11 합금의 경도 변화

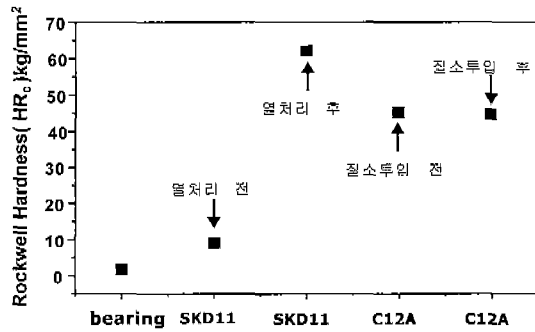


Figure 11. Bearing Steel, SKD11, C12A의 경도 비교

성이 우수한 로타와 붓싱 부품을 개발할 수 있을 것으로 예상된다.

3.4 C12A 합금의 미세조직

◆ C12A강의 화학조성

	C	Mn	Cr	Si	Ni	Mo
Wt%	0.2	0.35~0.65	9.0~10.0	1.00	0.50	0.90~1.20

C12A 합금은 ASTM A 217 규격으로 내열성과 내압성을 요구하는 주조용 합금으로 인장강도가 620-795 MPa, 항복강도가 415 MPa이다.

그리고 연수한 특성을 갖는 합금강으로 로타 및 붓싱 재질로 선정될 수 있는 재료이다. C12A합금은 주조용 합금으로 N 첨가 전·후의 미세조직 사진은 Figure 10에 나타냈으며, Figure 11은 다른 강들과의 비교 경도값이다. 광학현미경으로 관찰한 미세조직은 주조한 상태에서

마르텐사이트조직을 나타낸다. 이들 미세조직을 보면 매우 치밀한 조직으로 나타났다. 주물합금인 C12A합금과 SKD11합금의 경도값을 비교해 보면 Figure 11와 같이 큰 차이를 보이지 않으며 다른 강에 비하여 높은 경도값을 나타낸다. 그러므로 SKD11 합금 보다 내열성 및 내압성이 우수한 C12A 합금 사용이 기대된다. 또한 이 합금으로 대체되면 SKD11합금과는 달리 기계가공공정을 감소시킬 수 있는 장점이 있다. 그러나 로타와 붓싱 부품 제조시 금형이 요구되며, 현재 이 합금의 주조기술이 확립되어있지 않으므로, 주조에 의한 부품개발은 앞으로 연구가 더 필요하다.

4. 결 과

1. 스퍼터링법으로 제조된 TiN 코팅 부품은 사용 초기에 코팅층이 벗겨지고 재료의 뜯김현상이 제거되지 않아 사용 불가능한 것으로 판단되었다.
2. 내압성과 내마모성을 요구하는 부품에 SKD11과 베어링강을 가스질화 처리한 후 사용한 펌프는 사용시 우수한 표면경도와 경화층 두께가 충분하였고 재료의 뜯김현상이 제거되었다.
3. 로타와 붓싱으로 사용 가능한 SKD 11 합금의 기계적 특성 향상을 위하여 열처리를 행하여 높은 경도의 미세조직을 얻었다.
4. 8~10% Cr과 1% Mo 강인 C12A 강은 앞으로 로타와 붓싱 재질을 대체할 수 있는 합금으로 확인되었다.

참고문헌

- [1] Kayano Sunada, Yoshihiko Kikuchi, and Akira Fujishima, "Bacterial and Detoxification Effects of TiO₂ Thin Film Photocatalysts", Environmental Science & Technology, Vol. 32, No. 5, pp. 726-728, 1998.
- [2] G. Martra, S. Coluccia, L. Marchese, V. Augugliaro, V. Loddo, L. Palmisano, and M. Schiavello, "The role of H₂O in the photocatalytic oxidation of toluene in vapour phase on anatase TiO₂ catalyst a FTIR study", Catalysis Today, 53, 695-702, 1999.
- [3] Vancoppenolle, "Glow discharge mass spectrometry study of the deposition of TiO₂ thin films by direct current reactive magnetron sputtering of a Ti target", J. Vac. Sci. Technol. A 17(6), Nov/Dec, 1999.
- [4] Byung Kwon Lee, A study on the mechanical properties according to heat treatment condition of cold working die steel SKD11, Han yang University, 1986.
- [5] JIS G4404, Ferrous Materials & Metallurgy I, 1996.
- [6] G. R. Speich, tempered Ferrous Martensitic Structures, in Metals Handbook, Vol. 8, 8th ed., American Society for Metals, Metals Park, Ohio, pp. 202, 1973.
- [7] E. C. Bain, and H. W. Paxton, Alloying Elements in steel, 2nd ed., American Society for Metals, Metals Park, Ohio, pp. 188, 1966.
- [8] Heat Treating, Cleaning and Finishing, in Metals Handbook, Vol. 2, 8th ed., American Society for Metals, Metals Park, Ohio, pp. 55-223, 1964.